جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هفدهم، بهار ۱۳۹۵

صص ۱۳۹-۱۲۱

ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه آبخیز طالقان‌رود بر پایه ردیابی الگوهای همدید منجر به مخاطرات ژئومورفودینامیکی (مطالعه موردی زمین‌لغزش‌های ناشی از بارش‌های ۱٤-۳۱ مارس ۱۹۹۸)

نسرین نیک‌اندیش[۱]- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۵/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱/۱٦

چکیده

در رخداد مخاطرات ژئومورفودینامیکی عوامل متعددی دخیل‌اند. هرچه دامنه شناخت این مخاطرات گسترده‌تر شود، مدیریت و کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع آن‌ها امکان‌پذیرتر خواهد بود. پژوهش حاضر در همین راستا با رویکرد تحلیلی_ کمی به بررسی مسیر الگوهای همدید منجر به این مخاطرات می‌پردازد. قلمرو مکانی پژوهش، البرز شمالی و زاگرس شمال‌غربی است. به‌طورکلی در این محدوده و در این مقطع زمانی، ۷٤ مورد زمین‌لغزش از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها ثبت شده که ۹ مورد دارای تاریخ دقیق وقوع بودند که برای تحلیل انتخاب شدند. نتایج حاصل نشان داد که گرچه محدوده مطالعاتی به دنبال بارش‌های این دوره زمین‌لغزش‌هایی به وقوع پیوسته است اما به لحاظ تفاوت‌های محیطی و عملکرد الگوهای همدید نحوۀ تأثیرگذاری بارش متفاوت بوده است. پراکنش مکانی بارش تجمعی، نقش ارتفاعات زاگرس را در دریافت بارش‌های نازل شده مثبت ارزیابی می‌نماید. تحلیل داده‌های بارش نشان داد توزیع بارش در طول سال در البرز شمالی منظم‌تر بوده است. این ویژگی سبب افزایش حجم رطوبت خاک شده، تحت چنین شرایطی رخداد زمین‌لغزش‌ها با بارشی کمتر نشان‌دهندۀ آستانۀ کمتر بارش برای وقوع زمین‌لغزش می‌باشد؛ درحالی‌که در زاگرس شمال‌غربی بخش قابل‌توجهی از بارش سالانه در مقطع زمانی کوتاهی نازل می‌شود که ممکن است سبب بروز سیل یا زمین‌لغزش گردد. سامانه‌های ورودی منجر به مخاطره، مسیر اروپای شمالی- دریای سیاه- شرق مدیترانه، مسیر شمال آفریقا (لیبی)- جنوب مدیترانه-شرق مدیترانه، مسیر شرق مدیترانه-شمال عراق-دریای خزر، مسیر غرب مدیترانه- شرق مدیترانه- دریای خزر و مسیر شمال آفریقا (سودان)- عربستان- خلیج‌فارس مسیر سامانه‌های کم‌فشار مؤثر در ایجاد بارش در دوره مطالعاتی بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات ژئومورفودینامیکی، البرز شمالی، زاگرس شمال غربی، الگوهای همدید.

---

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۲۳٤۵۸۲۵۱ Email: Nasrinnikandish @yahoo.com

۱. مقدمه

در جهان ٤٠ نوع مخاطره شناسایی شده که امکان وقوع ۳۱ نوع آن در ایران وجود دارد کـه بـیش از ۹۰٪ از آن‌ها دارای منشأ اقلیمـی هسـتند (عابـدی،۵۲:۱۳۷۷). یکـی از مخـاطرات مهـم ژئومورفودینـامیکی ایـران زمین‌لغزش‌ها می‌باشد. در رخداد این پدیده عوامل متعددی دخیل می‌باشـند. عوامـل و عناصـر اقلیمـی نقـش قاطع و تعیین‌کننده در رخداد آن‌ها دارند. بسیاری از دامنه‌ها درست زمانی تحریـک مـی‌شـوند کـه متغیرهـای اقلیمی بیش از مقادیر نرمال و عادی حادث شوند. افزایش بارش تجمعی، روند توزیع بـارش در طـول سـال، نزول بارش فراوان در مدت کوتاه، افزایش و کاهش ناگهانی دمـا و انباشـت و ذوب بـرف ازجملـه مـواردی می‌باشند که غالباً وقوع این پدیده را با تأخیر پس از سیل به دنبال دارنـد. ایـن عوامـل کـه بـه‌عنـوان عوامـل تحریک‌کنندهٔ زمین‌لغزش‌ها مطرح می‌شوند خود معلول آرایش خطوط هم‌فشار در سطوح مختلـف هواسـپهر می‌باشد. ایجاد پشته‌ها و ناوه‌ها و تغییر مسیر آن‌ها که با تغییر مکانی منطقه چرخندگی مثبـت و منفـی همـراه می‌باشند مسیر مشخصی را دنبـال مـی‌کننـد کـه ایجـاد ناپایـداری‌هـای دامنـه‌ای را تحـت تـأثیر خـود قـرار می‌دهند.

در ١٤ تا ۳۱ مـارس ۱۹۹۸ ۱۳۷۷ پـس از یـک دورهٔ بارشـی چنـد روزه در نـوار شـمالی و غربـی ایـران زمین‌لغزش‌هایی رخ دادند. عوامل ایجاد کنندهٔ این پدیده تا رسیدن بـه آسـتانهٔ تـأثیر رونـد مشخصـی را طـی می‌کنند. شناخت این روند موضوع مور علاقهٔ کارشناسان علوم زمین و مدیران و برنامـه ریـزان مـی‌باشـد. بـا آگاهی از این روند می‌توان برنامه‌های کاهش خطر، تأخیر یا پیشگیری از خطر را به نحو مناسب اتخاذ نمـوده و بروز آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی را کاهش داد. هدف از این پژوهش ردیابی الگوهای همدید منجر بـه زمین‌لغزش‌هـای ١٤ تـا ۳۱ مـارس ۱۹۹۸ در نـوار شـمالی و غربـی ایـران بـه‌منظـور ارائـه راهنمـایی بـرای پیش‌بینی‌های کاربردی می‌باشد.

ازجمله معدود پژوهش‌هایی که در مورد الگوهای همدید مرتبط با زمین‌لغـزش‌هـا صـورت گرفتـه اسـت می‌توان به پژوهش سلوچی و همکاران[1] اشاره کرد. این محققین الگوی سینوپتیک بارش‌های شدید منجـر بـه زمین‌لغزش را در سواحل کوهستانی جنوب‌شرقی برزیل بررسی نمودند (سلوچی، ۲۰۰۹: ۷۷).

بورگاتی و همکاران[2] در مورد زمین‌لغزش‌های قدیمی منطقه دولومین در شمال ایتالیـا واقـع در آلـپ‌هـای شرقی به این نتیجه رسیدند که زمین‌لغزش‌ها شاخصی معتبر برای تعیین اقلیم گذشته، تغییـر اقلـیم و ارزیـابی شرایط محیطی می‌باشند (لبورگاتی، ۵٦:۲۰۰۹)

1 Seluchi et al
2 Borgatti

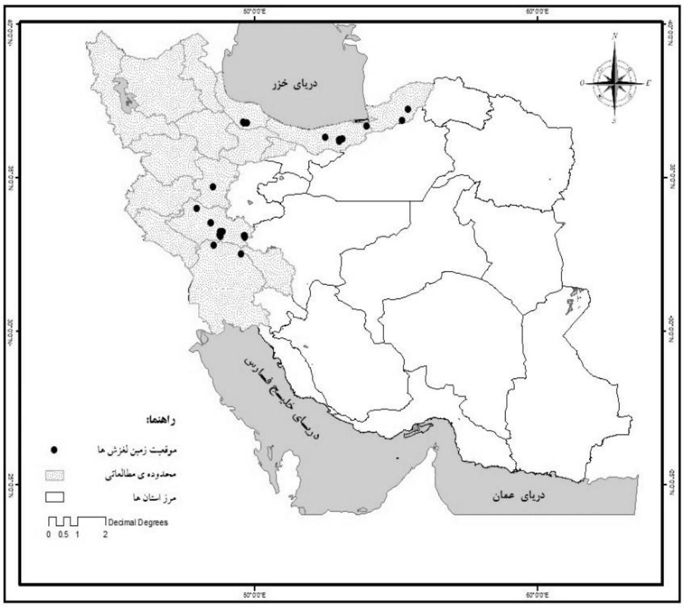
ززاز و همکاران[۱] درمورد الگوی همدید بارش‌های محرک زمین‌لغزش‌ها و ارتباط آن‌ها با نوسان اطلس شمالی در لیسبون پرتغال تحقیقاتی را انجام داده‌اند. (جی آل ززاز، ۲۰۰۸: ٤۹۹).

فوهرمان و همکاران[۲] پیرامون ویژگی‌های بارش منجر به زمین‌لغزش در غرب کارولینای شمالی به تحقیق نمودند (فوهرمان، ۲۰۰۸: ۳۰٤).

بررسی‌های پریزرکاس و همکاران[۳] در یونان در مورد تأثیر سامانه بندالی روی اقیانوس و چرخندزایی‌های آن در غرب اقیانوس اطلس و غرب دریای مدیترانه و تأثیر آن بر بارش‌های ایران می‌باشد (پریزرکاس و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۱۹).

۲. منطقه مورد مطالعه

به علت رخداد زمین‌لغزش‌ها در نوار شمالی و غربی کشور قلمرو مکانی پژوهش، البرز شمالی و زاگرس شمالغربی با مختصات ۳۰ تا ٤۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ٤۲ تا ۵۵ درجه طول جغرافیایی شرقی، انتخاب شده است (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این مناطق سبب گردیده است که در سطح زمین منابع آبی خزر، خلیج‌فارس و دریای عمان و رشته‌کوه‌های مرتفع و توپوگرافی پیچیدهٔ البرز و زاگرس و در سطوح مختلف جو فعالیت سامانه‌های پرفشار سیبری و کم‌فشارهای مدیترانه، سودان، دریای سرخ، خلیج‌فارس و پشته‌ها و ناوه‌های امواج غربی، اقلیم این مناطق را تحت تأثیر قرار داده و سبب تنوع عناصر اقلیمی به‌ویژه بارش می‌گردند.



شکل ۱ موقعیت قلمرو مطالعاتی

1 Z^ezere et al
2 Fuhrmann et al
3 Prezerakos

۳. مواد و روش‌ها

روش کلی در این پژوهش مبتنی بر تحلیل نقشه‌های همدید و تطبیق آن با داده‌ها و مستندات زمینی ثبت شده می‌باشد. پایگاه داده‌ها با بهره‌گیری از بانک‌های اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های ایران زیر نظر معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، داده‌های سازمان هواشناسی کشور و داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی محیطی[1] تهیه گردیده است. داده‌های اخذ شده از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های ایران شامل مختصات جغرافیایی زمین‌لغزش‌ها، نوع زمین‌لغزش، تاریخ وقوع، علل وقوع، زمین ریخت‌شناسی و مواد دامنه‌ای درگیر لغزش می‌باشد. داده‌های اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور شامل آمار روزانهٔ بارش و داده‌های اخذ شده از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی داده‌های شبکه‌بندی شده بارش، فشار سطح دریا ارتفاع ژئوپتانسیل، رطوبت ویژه مؤلفه باد مداری و مؤلفه باد نصف‌النهاری برای تراز سطح دریا، ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. داده‌های مزبور با استفاده از نرم‌افزارهای آماری و زمین‌آماری جی آی اس و گرادس مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

٤. بحث و نتایج

بر اساس بانک اطلاعات زمین‌لغزش‌های کشور تعداد ٧٤ زمین‌لغزش در اسفند ٧٦ و فروردین ٧٧ رخ داده است که توزیع مکانی آن‌ها منطبق بر ارتفاعات زاگرس و البرز که محدوده سیاسی استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، کردستان، کرمان، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران و همدان را شامل می‌شوند.

ازآنجاکه لازمهٔ تحلیل همدید زمین‌لغزش‌ها، آگاهی از زمان دقیق وقوع در مقیاس روز می‌باشد. از ٧٤ مورد زمین‌لغزش‌های استخراج شده از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها تنها ۹ مورد دارای تاریخ وقوع روز- ماه –سال بودند که برای تحلیل انتخاب شدند. لازم به ذکر است تاریخ وقوع دو مورد از زمین‌لغزش‌ها از تاریخ وقوع زمین‌لغزش‌های مجاور تکمیل گردید. زمین‌لغزش‌ها در ٢٦ اسفند۱۳٧٦، دوم، هفتم، دوازدهم، سیزدهم و پانزدهم فروردین ۱۳۷۷ رخ داده‌اند (جدول۱).

گونه شناسی زمین‌لغزش‌های انتخاب شده بر اساس اطلاعات ثبت شده نشان می‌دهد از نظر فراوانی زمین‌لغزش چرخشی، انتقالی، جریانی، گسترش یافته و بهمن سنگی به ترتیب در اولویت قرار دارند. از نظر ریخت‌شناسی بیشتر زمین‌لغزش‌ها بر محدوده‌های کوهستانی و دو مورد هم بر ریخت‌شناسی تپه‌ماهوری رخ داده‌اند. شیب و جنس مواد تشکیل دهنده ارتفاعات به‌عنوان عوامل ذاتی و مسبب و زیر شویی، بارش، ذوب برف و همچنین ایجاد ترانشه و جنگل‌زدایی به‌عنوان عوامل محرک در ایجاد زمین‌لغزش‌ها ایفای نقش

1 National Center Environmental Prediction (NCEP)

نموده‌اند. مصالح درگیر زمین‌لغزش سنگ، خاک و واریزه می‌باشند. از میان زمین‌لغزش‌ها، بهمن سنگی در استان چهارمحال و بختیاری با تلفات جانی همراه بوده است که سبب تخریب کامل روستای آبیکار لبد و مرگ ۵۵ نفر از سکنه آن گردیده است (جدول۲).

جدول ۱ زمین‌لغزش‌های ایجاد شده از۲۶ اسفند ۱۳۷۶ تا ۱۵ فروردین ۱۳۷۷ (بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها)

ردیف	نام استان	شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تاریخ وقوع لغزش
۱	چهارمحال و بختیاری	فارسان	۴۹°۳۳′ ۰۰″	۳۲°۳۲′ ۰۰″	۱۳۷۷/۱/۱۲
۲	گلستان	مینودشت	۵۵°۲۹′ ۴۰″	۳۷°۱۴′ ۵۰″	۱۳۷۷/۱/۱۳
۳	گیلان	رودبار	۴۹°۳۸′ ۵۵″	۳۶°۴۷′ ۲۶″	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۴	گیلان	رودبار	۴۹°۴۴′ ۳۶″	۳۶°۴۷′ ۰۱″	۱۳۷۷/۱/۱۵
۵	گیلان	رودبار*	۴۹°۳۷′ ۰۶″	۳۶°۴۹′ ۳۰″	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۶	گیلان	رودبار*	۴۹°۳۸′ ۱۷″	۳۶°۴۸′ ۱۴″	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۷	لرستان	سپیددشت	۴۸°۴۸′ ۴۰″	۳۳°۰۶′ ۵۰″	۱۳۷۷/۱/۲
۸	لرستان	سپیددشت	۴۸°۴۹′ ۱۰″	۳۳°۰۶′ ۳۰″	۱۳۷۷/۱/۲
۱۱	همدان	همدان	۴۸°۳۳′ ۳۳″	۳۴°۴۲′ ۲۰″	۱۳۷۷/۱/۷

* تکمیل شده از طریق زمین‌لغزش‌های مجاور

جدول ۲ ویژگی‌های زمین‌لغزش‌های از ۲۶ اسفند ۱۳۷۶ تا ۱۵ فروردین ۱۳۷۷(بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها)

نام استان	**شهر**	**نوع لغزش**	**علل لغزش**	**ریخت شناسی**	**مصالح درگیر**	**تلفات جانی**
چهارمحال و بختیاری	فارسان	بهمن سنگی	بارش	**کوه‌ها**	**سنگ**	**۵۵**
گلستان	مینودشت	چرخشی	بافت، شیب، بارش، تناوب طبقات تراوا و ناتراوا	**کوه‌ها**	**خاک**	**۰**
گیلان	رودبار	بالقوه	بارش، آبگیری کانی‌های رسی، زلزله	**کوه‌ها**	**سنگ**	**۰**
گیلان	رودبار	انتقالی– جریانی	بارش، ترکیب کانی‌شناسی،	**کوه‌ها**	**خاک**	**۰**
گیلان	رودبار	جریانی/چرخشی	بارش، ترکیب کانی‌شناسی،	**کوه‌ها**	**واریزه**	**۰**
گیلان	رودبار	انتقالی– جریانی	ذوب برف، بارش، آبگیری کانی‌های رسی	**کوه‌ها**	**خاک**	**۰**
لرستان	سپیددشت	گسترش یافته	بارش، زیرشویی دامنه، جنگل‌زدایی، شیب،	**کوه‌ها**	**خاک**	**۰**
لرستان	سپیددشت	جریانی/انتقالی	بارش، زیرشویی دامنه، جنگل‌زدایی،	**کوه‌ها**	**خاک**	**۰**
همدان	همدان	انتقالی	بارش، کشاورزی، زیرشویی، کانی‌شناسی	**تپه‌ها**	**خاک**	**۰**

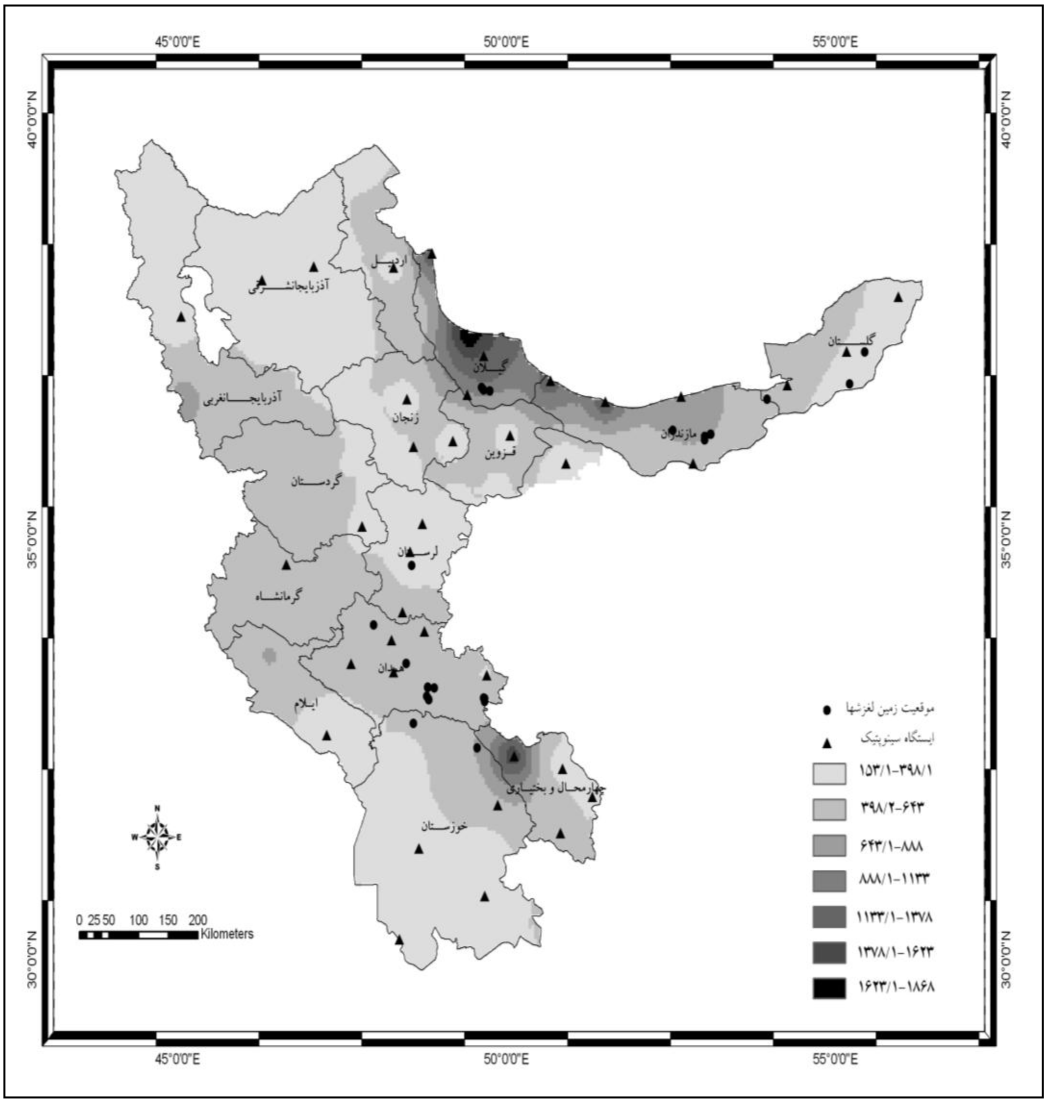
از نظر توپوگرافی ارتفاعات البرز از دره سفیدرود در شرق تا کوه شاهوار در شمال شاهرود ادامه دارد. بلندی آن در هیچ نقطه‌ای به‌غیراز دره سفیدرود کمتر از ۱۸۰۰ متر نیست. نواری کوهستانی با ارتفاع ۲۱۰۰ متر تمام منطقه را از غرب تا شرق فراگرفته است. در دامنه شمالی البرز بیشتر سیستم‌های باران‌زا رطوبت خود را از دریای خزر دریافت می‌کنند. از طرف دیگر بیشتر سیستم‌های فشار به‌صورت پرفشار هستند که

سبب می‌شوند هوای سرد در روی دریا جهت شمالی یا شمال شرقی پیدا کند. این بادها ضمن عبور از روی دریا ناپایدار و مرطوب شده و هنگام رسیدن به ساحل باران ایجاد کرده و رطوبت کمتری را به طرف کوه‌ها حمل می‌کنند؛ اما در دامنه جنوبی بیشتر اوقات سیکلون‌های مدیترانه و یا موج‌های غربی دریای مدیترانه رطوبت را با خود حمل می‌کنند. (اداره کل هواشناسی استان گیلان). آب‌های جاری در دامنه‌های البرز عامل برتر فرسایش می‌باشند و دره‌های فعال از عناصر مهم توپوگرافی محسوب می‌شوند (علایی طالقانی، ۱۳۹۰: ۱۳۱).

سهم قابل‌توجهی از زمین‌های البرز از سازند شمشک تشکیل شده است. این سازند از لایه‌های زغالی در میان لایه‌های شیلی و رسی تشکیل شده است (همان: ۱۰۵)؛ که مستعد زمین‌لغزش می‌باشد. در دامنه‌های شمالی البرز به سبب برخورداری از رطوبت دریای خزر و باران فراوان و همچنین اعتدال دما، تجزیه فیزیکی و شیمیایی و بیوشیمیایی تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری، برتری کامل دارد. این فرآیند سنگ‌های سطحی را سست کرده و درنتیجه دامنه‌ها در همه‌جا از یک پوشش نسبتاً ضخیم خاک پوشیده شده‌اند (همان: ۱۳۰). درمجموع حضور سازندهای حساس به زمین‌لغزش با ترکیباتی چون رس، شیل و رسوبات مارنی دوره‌های میوسن و یکسری از رسوبات کواترنر و وجود گسل‌های فعال در منطقه می‌تواند از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش باشد.

زاگرس شمال‌غربی به دلیل قرار گرفتن در مسیر جریان‌های غربی از بارش‌های سنگین برخوردار است (شکل ۲) انباشت برف در سطح دامنه‌ها به‌ویژه در پای دیواره‌ها و شکاف دره‌ها و دوام آن‌ها در طول چند ماه، محیط شکل زایی مجاور یخچالی را به وجود آورده است. محیط شکل‌زایی فعال مجاور یخچالی در زاگرس نسبت به البرز به علت عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر آن سطوح ارتفاعی بالاتر از ۳۵۰۰ متر را در برمی‌گیرد. زمین‌لغزش‌ها از پدیده‌های فراوان در زاگرس به شمار می‌آیند (همان:۱٦۳)

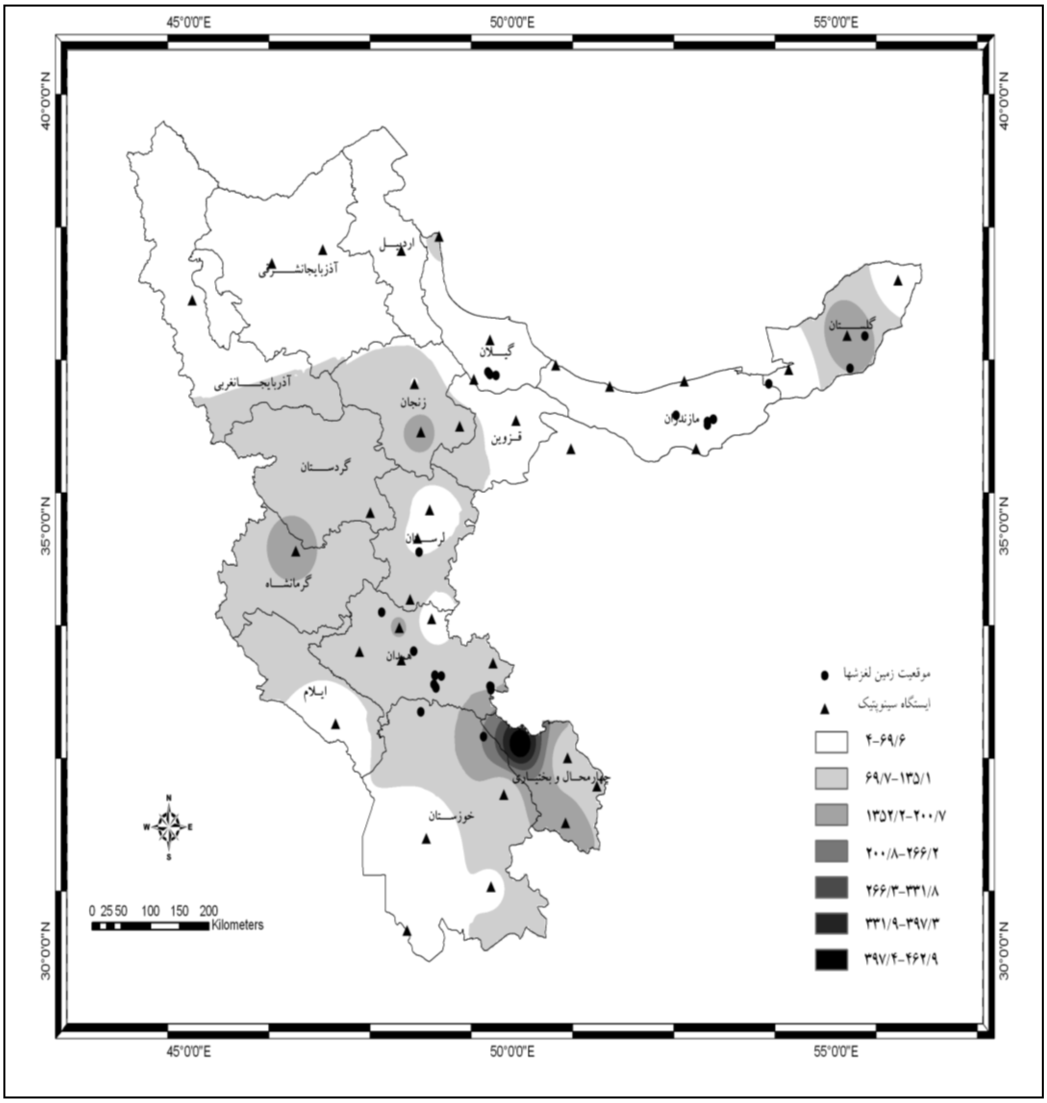
زمین ساخت فعال و فعالیت جریان‌های آبی از پیامدهای بالا آمدگی تکتونیکی زاگرس می‌باشد. توده‌های آهکی خرد شده نفوذ آب به لایه‌های سست مارنی یا شیلی زیرین را فراهم نموده و موجب ناپایداری لایه‌های آهکی و وقوع زمین‌لغزش می‌گردد. سازندهای آسماری با سنگ‌های آهکی شکسته و درزه‌دار که سبب نفوذ آب هدایت آن‌ها به لایه‌های متناوب آهکی و مارنی زیرین می‌گردند و سازند پابده و سازند گورپی با تناوب مارن، شیل و آهک‌های مارنی و نهشته‌های کواترنری از سازندهای مستعد زمین‌لغزش در زاگرس به شمار می‌آیند. رسوبات عهد حاضر در زاگرس به‌صورت تناوبی از رسوبات مارنی و رسی با گراول‌ها وجود دارند که شرایط مناسبی را برای وقوع لغزش‌های چرخشی و جریانی ایجاد می‌کنند (نیک اندیش، ۱۳۸۰:۱۷۱).



شکل ۲ نقشه پهنه‌های بارشی در قلمرو مطالعاتی

برای تحلیل بارش منجر به زمین‌لغزش‌ها و ترسیم نقشه‌های مربوطه از داده‌های روزانه بارش ایستگاه‌های سینوپتیک واقع و یا خارج از قلمرو مطالعاتی استفاده گردید. بررسی‌ها نشان داد این بارش در دو دوره با وقفه‌ای چند روزه نازل شده است. دوره بارش اول از ١٤ تا ١٨ مارس به طول انجامیده است. حداکثر مجموع بارش در این دوره در ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی در ایستگاه کوهرنگ که مجاور به بهمن سنگی است به میزان ۲۲۵ میلی‌متر رخ داده است. هسته دوم بارش بر ایستگاه سینوپتیک گنبدکاووس در شرق البرز به میزان ١٠٦ میلی‌متر واقع می‌باشد. در بارش دوم که در مقطع زمانی ٢٤ تا ۳۰ مارس رخ داده است، هسته‌های بارش بر ارتفاعات زاگرس قرار گرفته است. ایستگاه کوهرنگ، الشتر و نهاوند به ترتیب با بارش

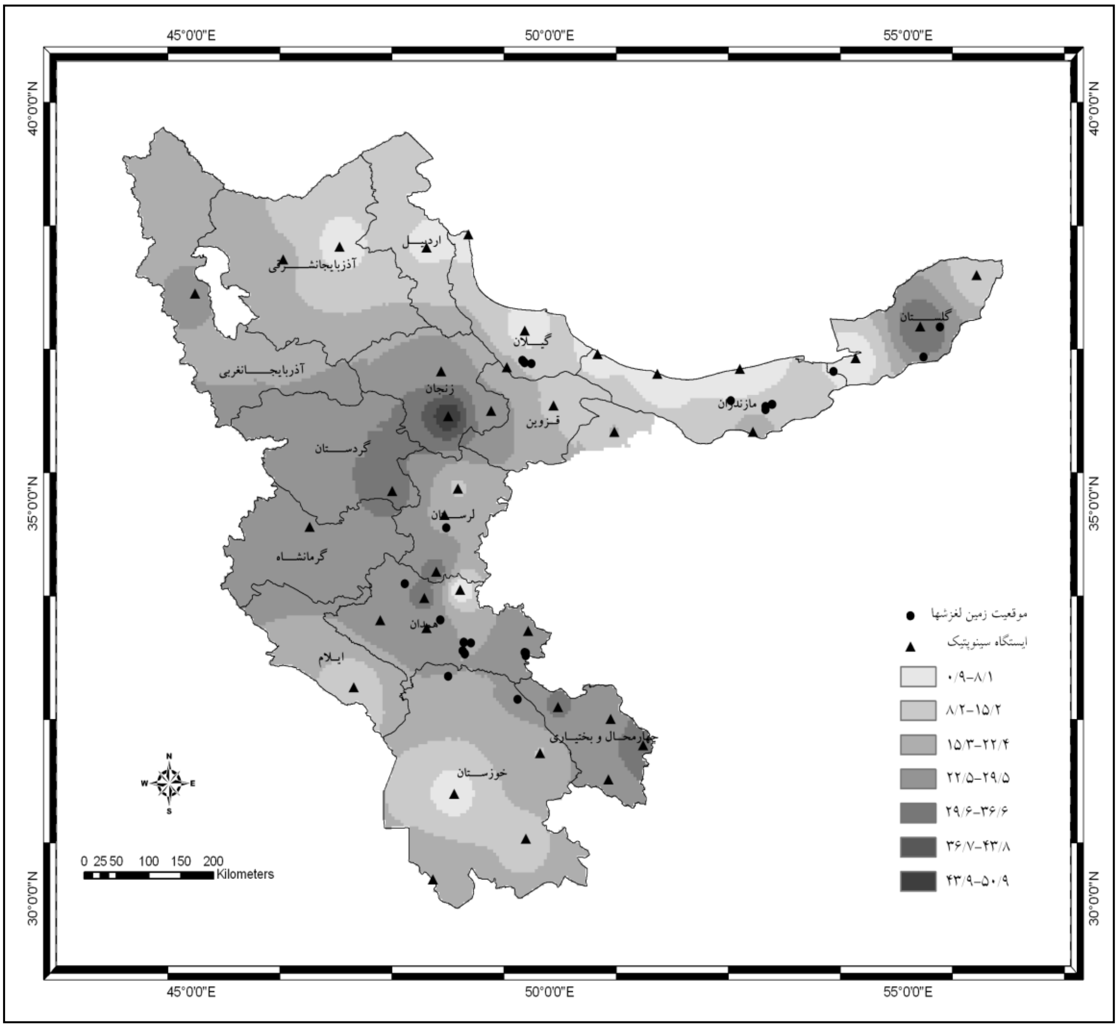
۲۳۸/۵، ۱۰٦ و ۹۹ میلی‌متر بیشترین بارش‌های این دوره را دریافت نموده‌اند (جدول ۳). بررسی پراکنش مکانی بارش تجمعی کل دوره نقش ارتفاعات زاگرس را در دریافت بارش‌های نازل شده مثبت و قوی ارزیابی می‌نماید. به استثنای گنبد کاوس هسته‌های بارش بر مرتفع‌ترین قسمت‌های زاگرس واقع شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳ پراکنش بارش تجمعی منجر به زمین‌لغزش‌ها (۱٤ -۳۱ مارس)

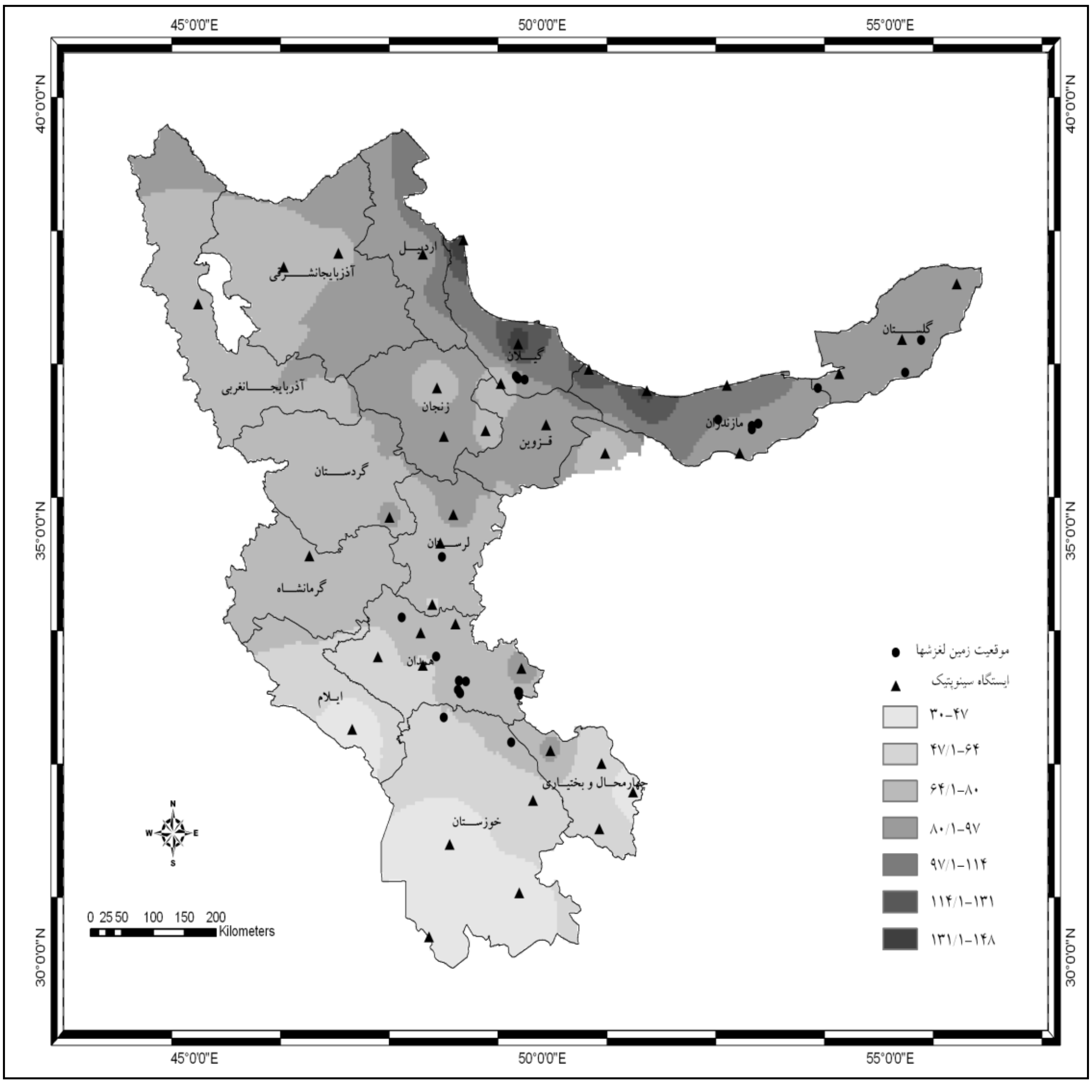
نسبت بارش تجمعی منجر به حادثه به بارش سال وقوع در ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی ۲۲ تا ۵۰ درصد و در ارتفاعات البرز شمالی ۸ تا ۱۵ درصد می‌باشد (شکل ٤). این امر نشان می‌دهد که توزیع بارش در طول

سال در البرز شمالی منظم‌تر می‌باشد. درحالی‌که در زاگرس شمال‌غربی بخش قابل‌توجهی از بارش سالانه در مقطع زمانی کوتاهی نازل می‌شود که ممکن است سبب بروز سیل یا زمین‌لغزش گردد.



شکل ٤ درصد بارش تجمعی منجر به زمین‌لغزش‌ها به بارش سالانه

بررسی روزهای بارانی در طول سال نشان می‌دهد که در قلمرو البرز شمالی در ۱۱۵ تا ۱٤۸ روز از سال و در قلمرو زاگرس شمال‌غربی در ٦٥ تا ۹۷ روز از سال نزولات جوی به‌صورت باران بر منطقه نازل می‌شود (شکل ۵). توزیع منظم‌تر بارش در طول سال در البرز شمالی سبب افزایش حجم رطوبت خاک می‌گردد. تحت چنین شرایطی رخداد زمین‌لغزش‌ها با بارشی کمتر نشان‌دهندهٔ آستانهٔ کمتر بارش برای وقوع زمین‌لغزش می‌باشد.



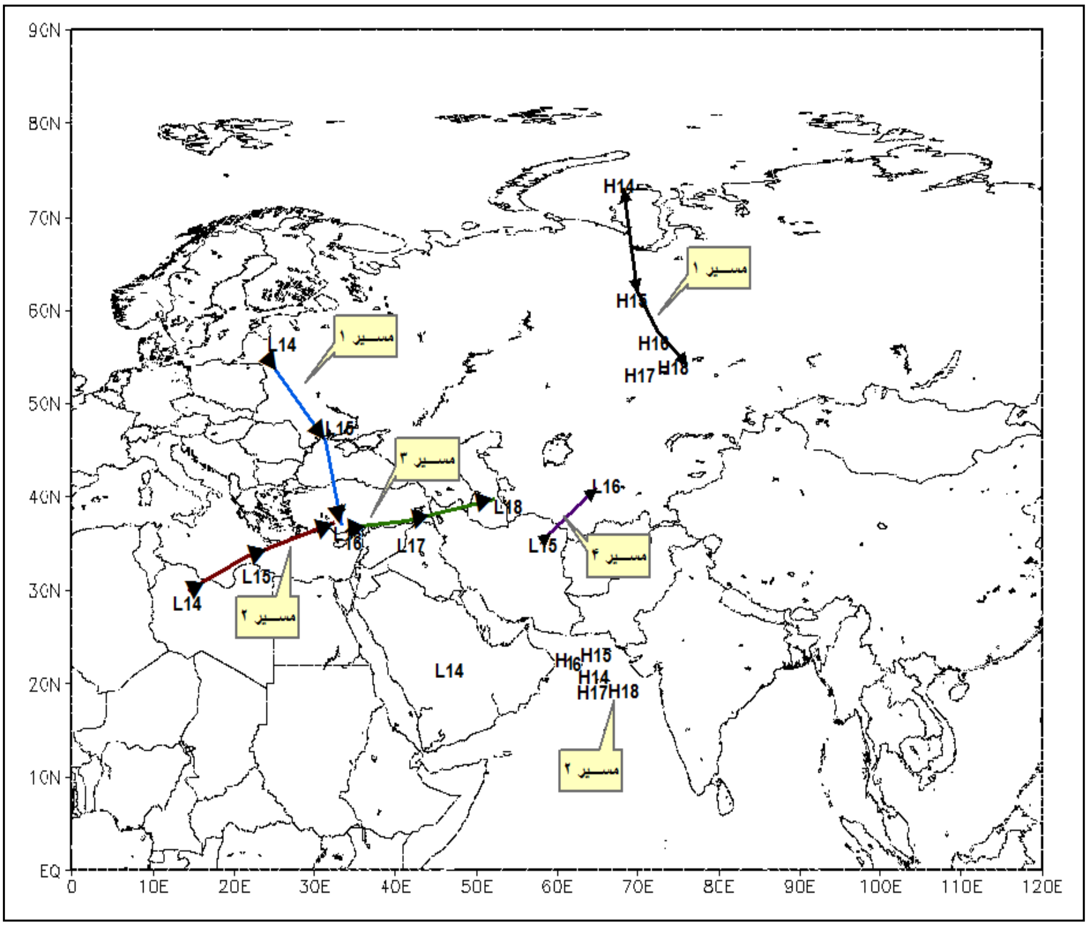
شکل ۵ پراکنش تعداد روزهای بارانی در سال وقوع زمین‌لغزش‌ها

بررسی داده‌های بارش ۳٤ ایستگاه سینوپتیک قلمرو مطالعاتی نشان می‌دهد که ناپایداری دامنه‌ها حاصل عملکرد دو دوره بارش می‌باشد؛ که با وقفه‌ای چند روزه از هم جدا شده‌اند. گرچه طول دوره‌ها در ایستگاه‌ها تا حدودی با هم متفاوت می‌باشد اما تمام ایستگاه‌ها در روزهای ۱۷، ۱۸ و ۳۰ مارس بارش دریافت نموده‌اند. منشأ و مسیر سامانه‌های بارش زا در هر دو دوره متفاوت می‌باشد. تعیین مسیر الگوهای همدید درک علت وجودی تفاوت بارش‌ها را در قلمرو مطالعاتی آسان می‌سازد. برای ردیابی الگوهای همدید، نقشه‌های بارش، فشار، ژئوپتانسیل، خطوط جریان و وزش رطوبتی در سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم و بررسی گردید. سپس با تعیین مراکز کم‌فشار و پرفشار، کم ارتفاع و پر ارتفاع مسیر عبور سامانه‌ها برای هر دو بارش و دوره بین بارش مشخص گردید.

بارش اول از ١٤ تا ١٨ مارس ١٩٩٨ ادامه داشته است. اوج بارش در روزهای ١٧ و ١٨ مارس نازل شده است. در روز ١٤ مارس دو سامانهٔ کم‌فشار تشکیل گردیده است. یک سامانهٔ کم‌فشار بر اروپای شمالی و سامانهٔ دیگر در شمال آفریقا تشکیل شده است. مرکز سامانهٔ کم‌فشار اروپای شمالی با فشار ١٠٠٠ میلی بار بر دریای بالتیک قرار دارد و جهت حرکت آن جنوبی است. مرکز سامانهٔ کم‌فشار شمال آفریقا با فشار ١٠١٠ میلی بار بر لیبی قرار دارد و جهت حرکت آن شرقی–شمال‌شرقی–شرقی است. این دو کم‌فشار در روز ١٦ مارس بر دریای مدیترانه ادغام شده و ایران تحت سیطرهٔ زبانه‌هایش قرار می‌گیرد. این سامانه، تلفیقی در حرکت شرق‌سوی خود ابتدا ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی را در روز ١٧ مارس و سپس نیمه شمالی ایران را در روز ١٨ مارس تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این روز هستهٔ کم‌فشار بر دریای خزر واقع می‌باشد. جهت حرکت سامانه‌های کم‌فشار مزبور توسط پرفشار سیبری کنترل می‌شود. پرفشار سیبری در ١٤ مارس با فشار مرکزی ١٠٤٥ میلی بار بر دریای کارا در شمال سیبری تشکیل گردیده است. در روزهای بعد تقویت شده و با فشار مرکزی ١٠٥٠ میلی بار بر سیبری مستقر می‌شود و با حرکت رو به جنوب و گسترش غرب‌سوی خود سبب هدایت و تمرکز سامانهٔ کم‌فشار سیاه– مدیترانه بر ترکیه، عراق و ایران گردیده است و با ریزش هوای سرد بر ایران سامانه‌های کم‌فشار را تقویت می‌نماید. سامانهٔ کم‌فشار دیگری در روز ١٥ مارس بر شمال شرقی ایران تشکیل گردیده است که در حرکت شرق سوی خود در روز بعد از ایران خارج گردیده است. اندرکنش این سامانه با پرفشار سیبری سبب ایجاد حداکثر بارش در گرگان و رشت گردیده است. استقرار زبانه ١٠٢٥ میلی بار پرفشار تبت بر دریای عرب با حرکت ساعتگرد خود سبب ورود هوای گرم و مرطوب به سامانه‌های بارش زا به‌ویژه در روزهای ١٧ و ١٨ مارس گردیده است. رطوبت سامانه‌ها در این سطح از دریای سیاه، مدیترانه، سرخ، خلیج‌فارس، عمان و دریای عرب تأمین گردیده است. به‌طورکلی مسیرهای سامانه‌های بارش زا این دوره در سطح زمین به شرح زیر می‌باشد: مسیر ١ اروپای شمالی– دریای سیاه– شرق مدیترانه، مسیر ٢ شمال آفریقا (لیبی)– جنوب مدیترانه–شرق مدیترانه، مسیر ٣ شرق مدیترانه–شمال عراق–دریای خزر، مسیر ٤ شمال شرق ایران– ازبکستان، مسیر پرفشار ١ دریای کارا– سیبری، مسیر پرفشار ٢ دریای عرب (شکل ٦)

سامانه‌های ٥٠٠ هکتوپاسکال در ارتباطی دو سویه سامانه‌های سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این سطح نیز با استفاده از نقشه‌های ژئوپتانسیل، خطوط جریان و وزش رطوبتی مراکز کم ارتفاع و پرارتفاع ردیابی گردیدند. سامانه‌های کم‌فشار سطح زمین توسط سامانهٔ کم ارتفاع سطح ٥٠٠ هکتوپاسکال کنترل می‌گردند. در روز ١٤ مارس بر دریای بالتیک مرکز کم ارتفاعی (ناوه) به ارتفاع ٥٢٠٠ متر مستقر گردیده است که منطبق با محور شمالی–جنوبی در گسترش نصف‌النهاری خود تا جنوب دریای سیاه را در برمی‌گیرد. این کم ارتفاع در روزهای بعد با حرکت رو به جنوب و همچنین شرق‌سوی خود به عرض‌های جنوبی‌تر

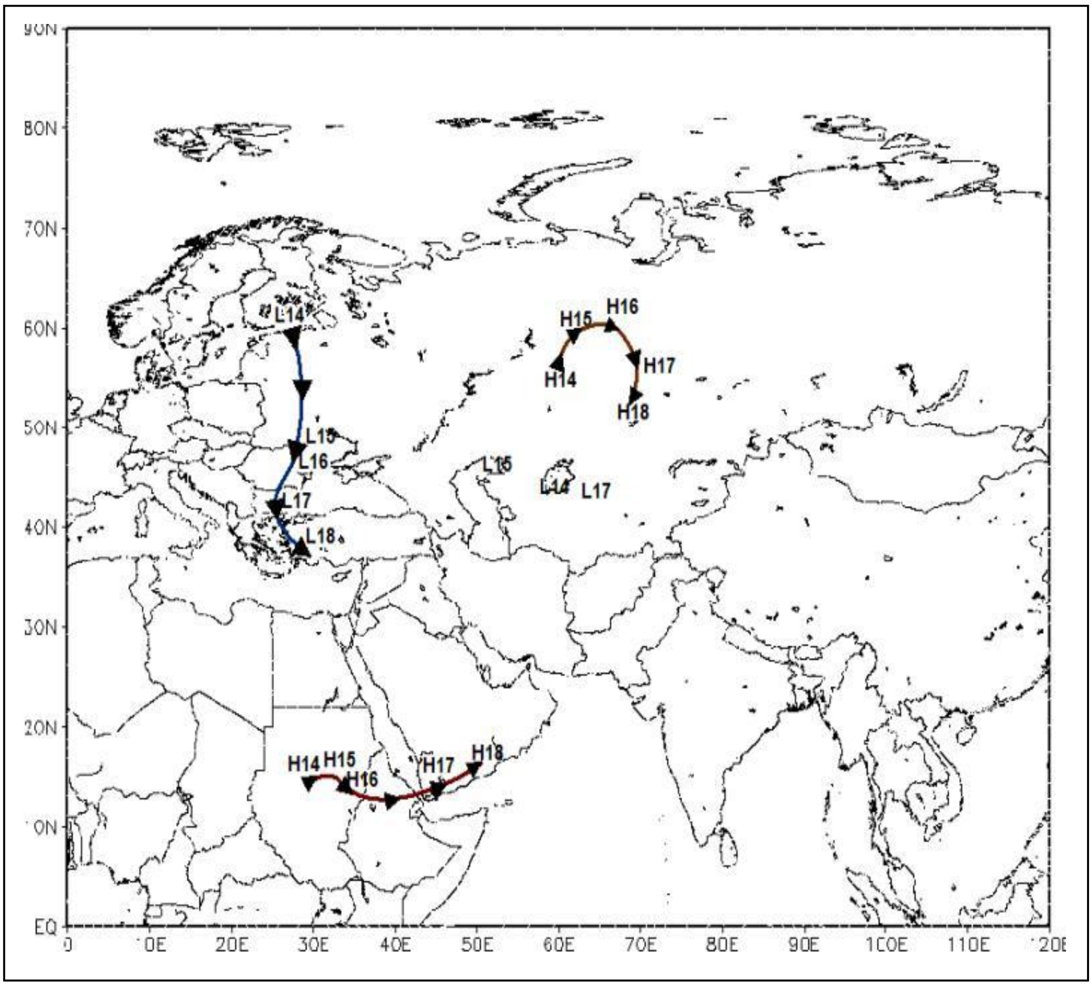
منتقل و مرکزش بر دریای سیاه قرار می‌گیرد. در روز ۱۶ مارس محور کم ارتفاع شمال‌شرقی-جنوب‌غربی شده و با حفظ گسترش نصف‌النهاری تا شمال آفریقا توسعه می‌یابد. در این روز نوار غربی ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع قرار می‌گیرد. در روز ۱۷ مارس محور کم ارتفاع مجدداً شمالی– جنوبی شده و در حرکت شرق سوی خود بخش‌های مرکزی ایران و در روز بعد به استثنای جنوب شرق تمام ایران در منطقه تاوایی مثبت قرار می‌گیرند.



شکل ٦ مسیر کم‌فشارها (L)و پرفشارها(H) در ١٤-١٨ مارس ١٩٩٨

پرارتفاع (پشته) مستقر بر سیبری با حرکت کند خود به‌صورت بندال عمل نموده و ضمن هدایت کم ارتفاع سبب تعمیق آن نیز می‌شود. پرارتفاع دیگری در روز ١٤ مارس بر سودان تشکیل گردیده است که با حرکت کند خود در روز ١٨ مارس بر عربستان قرار گرفته و در حرکت ساعتگرد خود هوای گرم و مرطوب دریای عرب را به سامانه تزریق می‌نماید (شکل ٧). با توجه به نقشه‌های وزش رطوبتی دریای مدیترانه،

سرخ، خلیج‌فارس و دریای عرب منابع رطوبتی تغذیه‌کننده در این سطح به‌ویژه در روزهای ۱۶، ۱۷ و ۱۸ مارس می‌باشد.



شکل ۷ مسیر کم ارتفاع‌ها (L)و پر ارتفاع‌ها (H) در ۱۴–۱۸ مارس ۱۹۹۸

در بیشتر ایستگاه‌ها از ۱۹ تا ۲۳ مارس دوره بدون بارش استقرار داشته است. در این دوره سامانه‌های بارش‌زا مسیر شمالی در پیش گرفته و به‌طور کامل از ایران خارج می‌گردند. ایران از روز ۱۹ مارس تحت تسلط زبانه‌های پرفشاری می‌باشد که مرکز آن بر تونس قرار دارد. این پرفشار دارای حرکت جنوبی و شرقی است و در روز ۲۲ مرکز آن بر شمال‌غربی ایران قرار می‌گیرد. در این دوره بر دریای عرب پرفشاری تشکیل گردیده است که عملکرد آن به‌گونه‌ای است که در حرکت ساعتگرد خود رطوبت را به عربستان هدایت می‌کند.

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دو مسیر برای کم ارتفاع‌ها و دو مسیر برای پرارتفاع‌ها قابل تشخیص می‌باشد. یک مسیر کم ارتفاع ها از شرق دریای سیاه شروع، سپس دریای خزر، دریاچه آرال و قزاقستان را طی

می‌نماید این مسیر کم‌فشارهای شمال دریای خزر در سطح زمین را تحت کنترل خود دارند. مسیر دیگر از نروژ شروع و سپس به دریای بارنتز، جنوب فنلاند و رومانی می‌رسد. مسیر مرکز پرارتفاع‌ها بر سیبری و دریای عرب می‌باشد. پشتهٔ مرکز پرارتفاع دریای عرب در این دوره بر ایران مستقر می‌باشد (شکل ۱۰). با از بین رفتن مکانیزم صعود توقف بارش و تشدید و تسریع نفوذ آب باران و آب ناشی از ذوب برف زمینه را برای وقوع ناپایداری دامنه آماده می‌سازد.

بارش دوم از ۲٤ تا ۳۱ مارس ۱۹۹۸ ادامه داشته است. اوج بارش در روز ۲۹ مارس بر ارتفاعات زاگرس شمال غربی نازل شده است. در روز ۲٤ مارس دو سامانه کم‌فشار و دو سامانه پرفشار تشکیل گردیده است که در روزهای بعد در مسیری مشخص ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از سامانه کم‌فشار بر غرب مدیترانه و سامانه دیگر در شرق آفریقا تشکیل شده است. مرکز سامانه کم‌فشار غرب مدیترانه با فشار ۱۰۱۵میلی‌بار در روز ۲٤ مارس تشکیل شده و دارای حرکت شرق‌سو می‌باشد. مرکز سامانهٔ کم‌فشار شرق آفریقا با فشار ۱۰۱۰ میلی بار بر سودان قرار دارد و جهت حرکت آن شمال – شرق- شمال شرقی است. در روز ۲۹ مارس سامانهٔ مدیترانه‌ای از شمال‌غرب و سامانهٔ سودانی پس از عبور از خلیج‌فارس از جنوب غرب وارد ایران می‌شود. حاصل اندرکنش این دو سامانه کم‌فشار بارش سنگین و استثنایی بر ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی می‌باشد. ایستگاه کوهرنگ در این روز در حدود ۱٤۷ میلی‌متر بارش دریافت نموده است. دو سامانهٔ پرفشار حرکت و ویژگی‌های سامانه‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای و سودانی را کنترل می‌کنند. پرفشار اروپای شمالی در ۲٤ مارس با فشار مرکزی ۱۰۳۵ میلی بار بر دریای بالتیک تشکیل گردیده است. در روزهای بعد با حرکت جنوبی-شرقی خود سبب هدایت و تمرکز سامانهٔ مدیترانه بر ایران گردیده است؛ و با ریزش هوای سرد این سامانه را تقویت می‌نماید.

سامانه پر فشار دیگری در روز ۲٤ مارس بر دریای عرب تشکیل گردیده است که با حرکت کند غربی- جنوبی خود با تزریق هوای گرم و مرطوب سبب تقویت سامانه سودانی گردیده است. در روز ۲٤ مارس پرفشار منفردی بر دریای خلیج‌فارس تشکیل گردیده است که در حرکت ساعتگرد خود هوای گرم و مرطوب را به سمت ارتفاعات زاگرس هدایت کرده و سبب ریزش باران در این روز گردیده است. رطوبت سامانه‌ها در سطح زمین از مدیترانه، سرخ، خلیج‌فارس، عمان و دریای عرب تأمین گردیده است.

به‌طورکلی مسیرهای سامانه‌های بارش‌زا این دوره در سطح زمین به شرح زیر می‌باشد (شکل ۸):

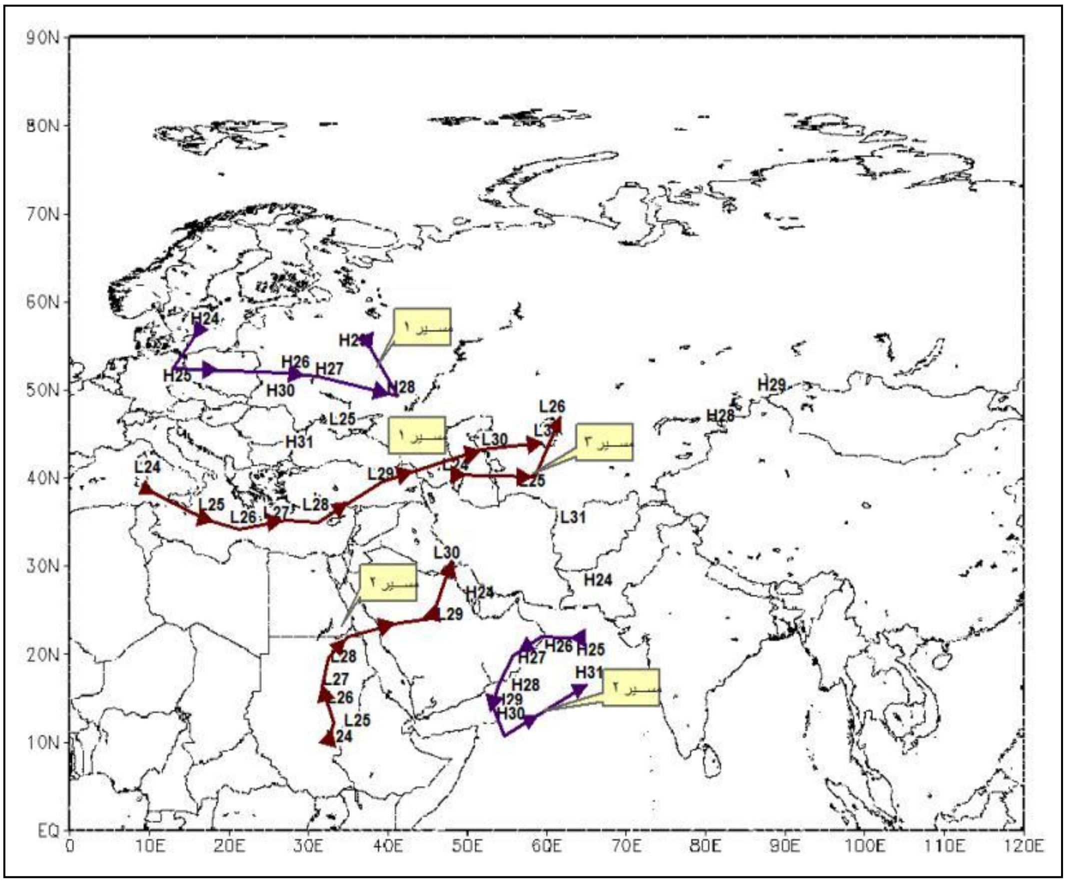
مسیر ۱ غرب مدیترانه- شرق مدیترانه- دریای خزر

مسیر ۲ شمال آفریقا (سودان)- عربستان- خلیج‌فارس

مسیر ۳ آذربایجان- خزر- ارمنستان

مسیر پرفشار ۱ دریای بالتیک–لهستان–روسیه

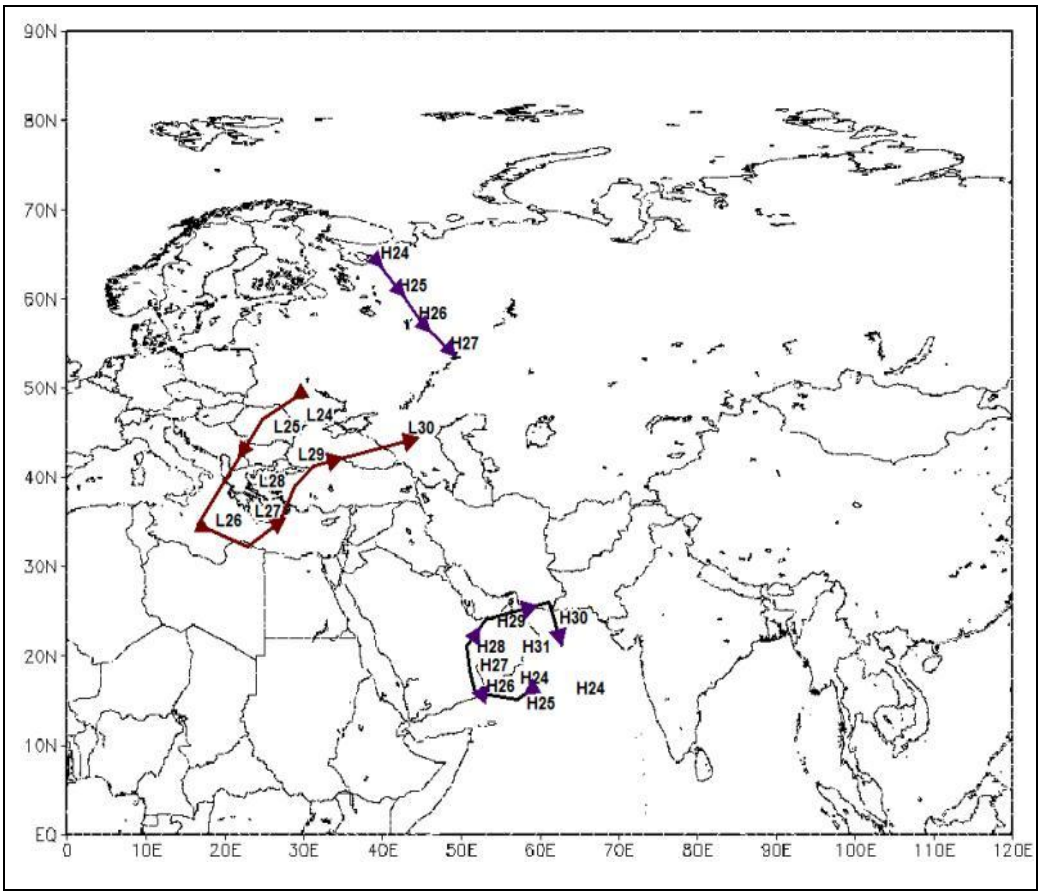
مسیر پرفشار ۲ دریای عرب



شکل ۸ مسیر کم‌فشارها (L)و پرفشارها ((H در ۲٤–۳۱ مارس ۱۹۹۸

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲٤ مارس بر دریای سیاه مرکز کم ارتفاعی (ناوه) به ارتفاع ۵٤۰۰ متر مستقر گردیده است که منطبق با محور شرقی– غربی در گسترش مداری خود دریای خزر تا دریای مدیترانه را در بر می‌گیرد. تحت چنین محوری نوار غربی ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع می‌باشد. این کم ارتفاع در روزهای بعد با حرکت رو به جنوب و همچنین شرق‌سوی خود به عرض‌های جنوبی‌تر منتقل می‌گردد. در روز ۲۵ مارس محور کم ارتفاع شمال شرقی– جنوب غربی شده و تا حدودی گسترش نصف‌النهاری پیدا می‌کند. در این روزبه استثنای جنوب‌شرقی تمام قسمت ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع قرار می‌گیرد. محور کم ارتفاع در روز ۲۷ مارس شمالی– جنوبی شده از یونان گذشته و در حرکت شرق‌سوی خود نوار غربی ایران در تاوایی مثبت قرار می‌گیرد. در روز۲۹ مارس مرکز کم ارتفاع بر جنوب دریای سیاه قرار گرفته و محور آن با جهت شمال شرقی– جنوب غربی از شرق مدیترانه می‌گذرد.

این کم ارتفاع در گسترش نصف‌النهاری خود در این روز هوای سرد را از عرض‌های ۶۰ درجه به عرض‌های ۲۰ درجه هدایت می‌کند. نیمه غربی ایران در این روز و تمام ایران در روز بعد در بخش تاوایی مثبت آن قرار می‌گیرد. پرارتفاع (پشته) مستقر بر دریای عرب با گسترش غربی و شمالی و در حرکت ساعتگرد خود هـوای گرم و مرطوب را به منطقه تزریق می‌نماید (شکل ۹). با توجه به نقشه‌هـای وزش رطـوبتی دریـای مدیترانـه، سرخ، خلیج‌فارس و دریای عرب منابع رطوبتی تغذیه‌کننده در این سطح می‌باشد.



شکل ۹ مسیر کم ارتفاع‌ها (L)و پرارتفاع‌ها (H) در ۲۴–۳۱ مارس ۱۹۹۸

۵. نتیجه‌گیری

عملکرد عوامل اقلیمی در سطح زمین حاصل اندرکنش سطوح مختلف هواسپهر و سنگ‌کره می‌باشد. یکی از عوامل تأثیرگذار بر این اندرکنش مسیری است که سامانه‌های فشار آن را درمی‌نوردند. در این مسـیر اسـت که سـامانه‌هـا تغییـر مـی‌کننـد و تغییـر ایجـاد مـی‌کننـد و سـرانجام ممکـن اسـت بـه یکـی از پدیـده‌هـای ژئومورفودینامیکی و یا مخاطرات محیطی تبدیل شوند. در قلمرو مطالعاتی در مقطع زمـانی ۱۴ تـا ۳۱ مـارس ۱۹۹۸ مسیر سامانه‌های بارشی با توجه به ویژگی‌های سطح زمین در خلق زمین‌لغزش‌ها بـه‌طـور مـؤثر ایفـای

نقش نموده‌اند سامانه‌های بارشی در بارش اول از سه مسیر اروپای شمالی- دریای سیاه- شرق مدیترانه و مسیر شمال آفریقا (لیبی)- جنوب مدیترانه- شرق مدیترانه و مسیر شرق مدیترانه- شمال عراق به ایران وارد و پس از گذشتن از دریای خزر از ایران خارج گردید. گرچه در این مسیر سامانه‌ها از دریای سیاه و مدیترانه رطوبت کافی دریافت نموده‌اند اما نقش پرفشار سیبری در شمال شرق و پرفشار دریای عرب در جنوب کشور در احیا و تشدید فعالیت چرخندها در تمام طول دوره قابل توجه می‌باشد. ورود هوای گرم و مرطوب از طریق پرفشار دریای عرب و هوای سرد از طریق پرفشار سیبری سبب افزایش شیب دمایی در چرخندها می‌گردد. چنین سازوکاری سبب می‌گردد نیروی مقاومت دامنه‌ها نسبت به تنش‌های وارده کاهش یابد و دامنه‌ها آستانه ناپایداری را تجربه نماید. رخداد اکثر زمین‌لغزش‌ها مقارن با اتمام این بارش و یا دوره بین دو بارش بوده است. در دوره بین دو بارش با استقرار پرفشار بر ایران آب‌ها فرصت نفوذ یافته و یا با افزایش قدرت آب‌های جاری، زیرشویی دامنه‌ها درنهایت به ناپایداری و لغزش آن‌ها می‌انجامد. بر اساس اطلاعات حاصل از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور زمین‌لغزش‌های ایجاد شده از نوع چرخشی، جریانی، انتقالی و گسترش یافته بودند.

در بارش دوم که ۲۴ تا ۳۱ مارس به طول انجامید سامانه‌های بارشی در دو مسیر به سمت ایران حرکت نمودند. در مسیر اول سامانه‌ها از غرب مدیترانه- شرق مدیترانه- دریای خزر و در مسیر دوم از شمال آفریقا (سودان)-عربستان- خلیج‌فارس وارد ایران شدند. گرچه اندرکنش کم‌فشارهای سودانی با کم‌فشارهای مدیترانه‌ای موجب نزول بارش‌های سنگینی در نوار غربی ایران به‌ویژه زاگرس شمال‌غربی گردیده است، اما به‌غیراز بهمن سنگی آبیکارلبد زمین‌لغزش مهم دیگری در ارتباط با بارش رخ نداده است. بهمن سنگی آبیکارلبد در زاگرس مرتفع جای دارد و با رخداد آن قسمتی از دامنه شمال شرقی کوه‌کینو از پیکرکوه جدا و به درهٔ رودخانهٔ لبد سقوط کرد که پس از عبور از دره، روستای آبیکار را مدفون ساخت. ورود کم‌فشار سودانی پس از عبور از دریای سرخ و خلیج‌فارس، ارتفاع، امتداد و جهت قلل زاگرس شمال غربی و شرایط هیدوردینامیکی و هیدروژئولوژیکی ناشی از بارش اول و دورهٔ بین دو بارش عوامل مهمی هستند که موجب رخداد بهمن سنگی آبیکار گردید. ارتفاعات زاگرس راه عبور توده‌های هوای مرطوبی که از غرب و جنوب غرب وارد ایران می‌شوند را مسدود می‌کنند. دامنه‌های غربی زاگرس از مهم‌ترین منبع رطوبتی منطقه یعنی خلیج‌فارس فاصله زیادی ندارند. در ۲۹ مارس بیشترین بارش به میزان ۱٤۷ میلی‌متر در ایستگاه کوهرنگ نزدیک‌ترین ایستگاه به بهمن سنگی ثبت شده است. سامانهٔ وارد شده از مسیر سودان، دریای سرخ و خلیج‌فارس، بارش گرم تولید کرده که فرآیند ذوب برف تسریع می‌کند. در مورد بارش دوم هم نقش پرفشار روسیه و دریای عرب قابل توجه می‌باشد.

نقش چیدمان پارتفاع‌ها و کم‌ارتفاع در سطوح میانی هواسپهر در مورد هر دو بارش به‌گونه‌ای است کم‌فشارهای سطح زمین در منطقه تاوایی مثبت کم ارتفاع‌ها واقع شده‌اند که از شرایط اولیه ایجاد ناپایداری‌های جوی می‌باشد.

کتابنامه

بیاتی خطیبی، مریم؛۱۳۸٦. مفهوم زمان، طیف‌ها و مقیاس‌های آن در پژوهش‌های ژئومورفولوژی (با نگاهی تحلیلی بر مفهوم زمان در سیستم‌های طبیعی). رشد آموزش جغرافیا. دورهٔ بیست و دوم. شمارهٔ ۲. زمستان ۱۳۸٦، صص۳-۱۰

عابدی. قدرت الله؛ ۱۳۷۷. بررسی بلایای طبیعی و نقش آن در توسعه پایدار. نشریه سپهر. دورهٔ هفتم. شمارهٔ ۲۸، صص۵۲-٦٤.

علایی طالقانی. محمود؛ ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی ایران. چاپ پنجم. نشر قومس. صص ۱۰۵-۱۱۵

گروه مطالعه امور زمین‌لغزش‌ها؛ ۱۳۸٤. راهنمای بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های کشور. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور. وزارت جهاد کشاورزی

نیک‌اندیش، ن؛ ۱۳۸۰. بررسی نقش عوامل مسبب وقوع زمین‌لغزش‌ها در حوضه کارون میانی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی (دانشگاه اصفهان). ۲(۱۰). ۱٦۳-۱۸٤ .

نیک‌اندیش، ن؛ هدائی‌آرانی، م؛ ۲۰۱۵. نقش آفرینی بندال‌ها در رخداد مخاطرات ژئومورفودینامیکی (مطالعه موردی زمین لغزه های فروردین ۱۳۷۷ غرب استان چهارمحال وبختیاری). جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳(۲٦), ۱۷۱-۱۹۲ .

سازمان هواشناسی ایران. آمار روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک (۱۹۹۸)

Fuhrmann, C. M., Konrad, C. E., & Band, L. E. (2008). Climatological perspectives on the rainfall characteristics associated with landslides in western North Carolina. *Physical Geography, 29*(4), 289-305.

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. *Transportation research board special report*, 247, 36-85.

Elorza, M. G., & Martínez, V. S. (2001). Multiple talus flatirons, variations of scarp retreat rates and the evolution of slopes in Almazán Basin (semi-arid central Spain). *Geomorphology, 38*(1), 19-29.

Hungr, O., Evans, S., Bovis, M., & Hutchinson, J. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience, 7*(3), 221-238.

Fairbridge, R. W. (1968). The encyclopedia of geomorphology. New York,Reinhold Book Corp

Zêzere, J. (2007). *Rainfall-triggered landslides occurred in the Lisbon Region in 2006: validation of regional rainfall thresholds and relationships with the North Atlantic Oscillation.* Paper presented at the Geophysical Research Abstracts.

Sillmann, J., & Croci-Maspoli, M. (2009). Present and future atmospheric blocking and its impact on European mean and extreme climate. *Geophysical Research Letters, 36*(10).

Borgatti, L., & Soldati, M. (2010). Landslides as a geomorphological proxy for climate change: a record from the Dolomites (northern Italy). *Geomorphology, 120*(1), 56-64.

Phillips, J. (2006). Evolutionary geomorphology: Thresholds and nonlinearity in landform response to environmental change, in Models and applications of chaos theory in modern sciences, CRC press, 196-214.

Prezerakos, N., & Flocas, H. (1997). The role of a developing upper diffluent trough in surface cyclogenesis over central Mediterranean. *Meteorologische Zeitschrift, 6*(3), 108-119.

Seluchi, M. E., & Chou, S. C. (2009). Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology, 98*(1-2), 67-77.